

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2761790

### СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОЙ КРУГЛОГОДИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Лаврик Александр Юрьевич (RU), Буслаев Георгий Викторович (RU), Двойников Михаил Владимирович (RU), Жуковский Юрий Леонидович (RU)*

Заявка № 2021109950

Приоритет изобретения 12 апреля 2021 г.

Дата государственной регистрации  
в Государственном реестре изобретений  
Российской Федерации 13 декабря 2021 г.

Срок действия исключительного права  
на изобретение истекает 12 апреля 2041 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Г.П. Ившин*





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
E02D 3/115 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021109950, 12.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.04.2021

Дата регистрации:  
13.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.04.2021

(45) Опубликовано: 13.12.2021 Бюл. № 35

Адрес для переписки:  
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,  
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный  
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Лаврик Александр Юрьевич (RU),  
Буслаев Георгий Викторович (RU),  
Двойников Михаил Владимирович (RU),  
Жуковский Юрий Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский горный  
университет» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2519012 C2, 10.06.2014. RU  
2159308 C1, 20.11.2000. RU 2650005 C1,  
06.04.2018. US 3220470 A, 30.11.1965.

## (54) СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОЙ КРУГЛОГОДИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА

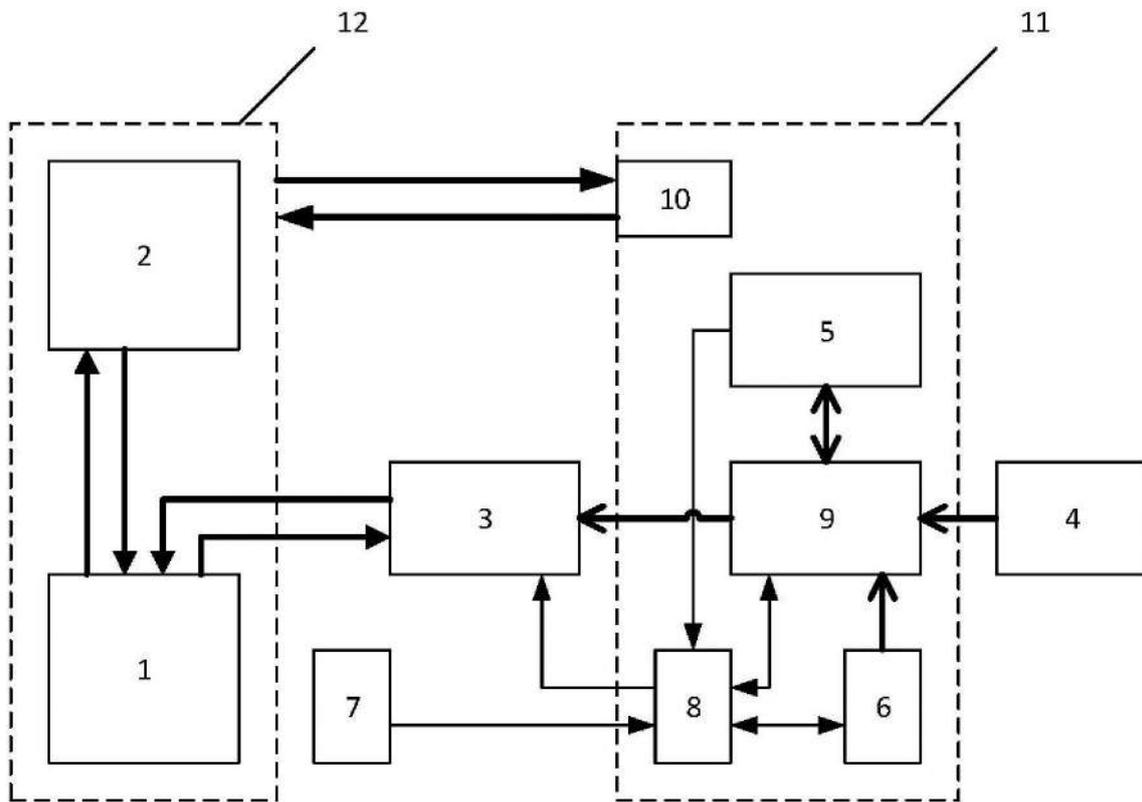
(57) Реферат:

Изобретение относится к способам круглогодичной температурной стабилизации грунта и может быть использовано при строительстве и эксплуатации различных объектов в районах вечной мерзлоты, удалённых от централизованного электроснабжения и не имеющих собственных надёжных и экономичных источников генерации. Техническим результатом способа является повышение надёжности и степени автономности процессов круглогодичного охлаждения грунта. Технический результат достигается тем, что способ комбинированной круглогодичной температурной стабилизации грунта включает активное охлаждение грунта с помощью холодильной машины и пассивное охлаждение грунта с помощью термостабилизаторов с естественной циркуляцией хладагента в холодное

время года, при этом в холодное время года осуществляют отвод нагретого теплоносителя от сезоннодействующего охлаждающего устройства к теплоизолированному контейнеру, в который помещают блок аккумуляторов и резервный источник, служащие для выработки электроэнергии, которая поступает на преобразовательный блок, преобразовательный блок для передачи электроэнергии на холодильную машину, блок управления для приёма сигнала о повышении температуры грунта, активации передачи электроэнергии к холодильной машине и блоку аккумуляторов, и циркуляционный насос, при этом подзарядку блока аккумуляторов проводят за счёт возобновляемых источников энергии и резервного источника. 3 ил.

RU 2 761 790 C1

RU 2 761 790 C1



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*E02D 3/115 (2021.08)*

(21)(22) Application: **2021109950, 12.04.2021**

(24) Effective date for property rights:  
**12.04.2021**

Registration date:  
**13.12.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **12.04.2021**

(45) Date of publication: **13.12.2021 Bull. № 35**

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU  
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet",  
Patentno-litsenziionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Lavrik Aleksandr Iurevich (RU),  
Buslaev Georgii Viktorovich (RU),  
Dvoynikov Mikhail Vladimirovich (RU),  
Zhukovskii Iurii Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi  
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR COMBINED YEAR-ROUND TEMPERATURE STABILIZATION OF SOIL**

(57) Abstract:

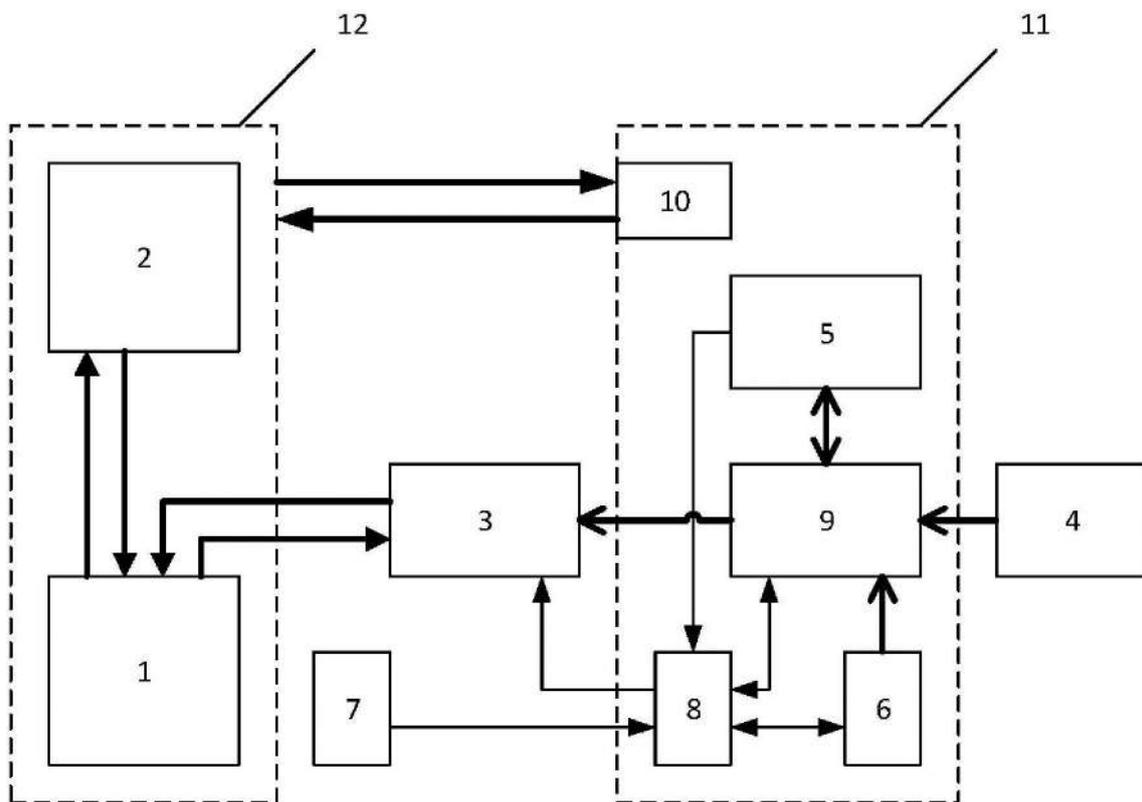
FIELD: construction industry; surface ground improvement.

SUBSTANCE: invention relates to methods for year-round temperature stabilization of the soil and can be used in the construction and operation of various facilities in permafrost areas remote from centralized power supply and not having their own reliable and economical generation sources. The expected result is achieved by the fact that the method for combined year-round temperature stabilization of the soil includes active cooling of the soil with the help of a refrigerating machine and passive cooling of the soil with the help of heat stabilizers with natural circulation of refrigerating agent in the cold season, while in the cold season, the heated coolant is diverted from the

seasonally active cooling device to a thermally insulated container, in which a battery pack and a backup source are placed, serving to generate electricity, which is supplied to the converter unit, the converter unit for transmitting electricity to the refrigerator, a control unit for receiving a signal about an increase in ground temperature, activating the transmission of electricity to the refrigerator and the battery pack, and a circulation pump, while recharging the battery pack is carried out at the expense of renewable energy sources and a backup source.

EFFECT: increase in the reliability and degree of autonomy of the processes of year-round soil cooling.

1 cl, 3 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к способам круглогодичной температурной стабилизации грунта в районах вечной мерзлоты. Способ позволяет в тёплое время года за счёт использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) обеспечить быстрое контролируемое замораживание грунта, а в холодное время года обеспечить ускорение замораживания грунта и поддержку его замороженного состояния.

Известен способ принудительного понижения температуры вечномерзлого грунта в основаниях свайных фундаментов опор эксплуатируемого моста (патент РФ 2731343, опубл. 01.09.2020), заключающийся в откачке при наступлении тёплого времени года из сезоннодействующих охлаждающих устройств (СОУ) жидкого хладагента, обеспечении циркуляции холодного воздуха в стволах СОУ за счёт воздушной турбохолодильной машины, и обратной закачки при наступлении холодного времени года жидкого хладагента в СОУ.

Недостатками данного способа являются регулярные процедуры откачки и закачки жидкого хладагента, которые приводят к потерям хладагента, увеличивают риск разгерметизации СОУ в процессе эксплуатации и, при использовании токсичных хладагентов, требуют повышенных мер предосторожности. Кроме того, недостатком является зависимость турбохолодильной машины от наличия надёжного источника электропитания, из-за чего автономность процесса охлаждения грунта гарантирована только в холодное время года.

Известен способ аккумуляции холода в грунте (патент РФ 2650005, опубл. 06.04.2018), заключающийся в применении двухтрубных коаксиальных колонок с съёмными насадками. При пассивном замораживании в холодное время года используют насадку с внутренним лабиринтом, обеспечивающую естественную циркуляцию хладагента. При активном замораживании используют нагнетательную насадку с подключенным внешним нагнетающим устройством и дросселирующим устройством, причём в тёплое время года хладагент охлаждается путём дросселирования, а в тёплое время года дросселирование не осуществляется, а нагнетающее устройство используется только для циркуляции хладагента. Насадка может оснащаться аккумуляторной батареей, солнечной батареей и ветровым генератором, при этом нагнетающее устройство работает периодами по мере накопления энергии аккумулятором.

Недостатками данного способа является необходимость смены съёмных насадок при изменении режима замораживания грунта, осуществляемому, по меньшей мере, дважды в год – при наступлении тёплого и холодного времени года.

Известен способ круглогодичного охлаждения грунта на основе эффекта Пельтье (Прокопенко И.Ф. Ньюфрост: проблемы и перспективы / Научград Наука Производство Общество. 2014. №1. С.42-47), заключающийся в подключении в тёплое время года термоэлектрических модулей, расположенных на конденсаторе термостабилизатора, при этом запускается испарительно-конденсационный цикл термостабилизатора, а тепло с обратной стороны термоэлектрического модуля отводится в атмосферу. В холодное время года термоэлектрические модули отключаются.

Недостатками данного способа являются низкий КПД термоэлектрических модулей, который, кроме того, меньше номинального в режиме обеспечения требуемых в тёплое время года разниц температур, что обуславливает высокие энергозатраты на функционирование установки. Также недостатком является зависимость термоэлектрических модулей от наличия надёжного источника электропитания, из-за чего автономность процесса охлаждения грунта гарантирована только в холодное время года.

Известен способ круглогодичного охлаждения грунта с помощью термосифона и компрессорно-конденсаторного агрегата (Прокопенко И.Ф., Штефанов Ю.П., Шишов И.Н. Круглогодичная термостабилизация здания, материалы пятой конференции геокриологов России, 2016, с. 291-296), согласно которому конденсатор термосифона является одновременно испарителем холодильной машины.

Недостатками данного способа является зависимость холодильной машины от наличия надёжного источника электропитания, из-за чего автономность процесса охлаждения грунта гарантирована только в холодное время года.

Известен способ круглогодичных охлаждения, замораживания грунта основания фундамента и теплоснабжения сооружения на вечномерзлом грунте в условиях криолитозоны (патент РФ 2519012, опубл. 10.06.2014), заключающийся в применении теплового насоса, обеспечивающего гарантированное замороженное состояние основания фундамента сооружения, а также частичное теплоснабжение сооружения. Приводная мощность для теплового насоса может обеспечиваться от ветроэлектростанции.

Недостатками способа является постепенное снижение выработки тепловой энергии для нужд теплоснабжения по мере аккумуляции холода в грунте, а также зависимость теплового насоса от наличия надёжного источника электропитания.

Известен способ температурной стабилизации грунта в основаниях и фундаментах нефтяных резервуаров (Андреев М.А. Устройство оснований и фундаментов нефтяных резервуаров в сложных условиях Заполярья / М.А.Андреев, И.А.Миронов, А.В.Терентьев // Промышленное и гражданское строительство. 2006. №9, С.40-41), принятый за прототип, заключающийся в применении термостабилизаторов грунта для работы при отрицательных температурах окружающего воздуха и холодильной машины при положительных температурах окружающего воздуха. При этом холодильная машина подключается между конденсатором и испарителем ко второму контуру термостабилизатора.

Недостатком данного способа является зависимость холодильной машины от наличия надёжного источника электропитания, из-за чего автономность процесса охлаждения грунта гарантирована только в холодное время года.

Техническим результатом способа является повышение надёжности и степени автономности процессов круглогодичного охлаждения грунта.

Технический результат достигается тем, что в холодное время года осуществляют отвод нагретого теплоносителя от сезоннодействующего охлаждающего устройства к теплоизолированному контейнеру, в который помещают блок аккумуляторов и резервный источник, служащие для выработки электроэнергии, которая поступает на преобразовательный блок, преобразовательный блок для передачи электроэнергии на холодильную машину, блок управления для приёма сигнала о повышении температуры грунта, активации передачи электроэнергии к холодильной машине и блоку аккумуляторов, и циркуляционный насос, при этом подзарядку блока аккумуляторов проводят за счёт возобновляемых источников энергии и резервного источника.

Способ поясняется чертежами:

фиг. 1 – схема реализации способа комбинированной круглогодичной температурной стабилизации грунта;

фиг. 2 – алгоритм активной температурной стабилизации грунта;

фиг. 3 – график теплопроизводительности СОУ, требуемой тепловой мощности и температуры воздуха по месяцам, где:

1 – испаритель;

- 2 – конденсатор;
- 3 – холодильная машина;
- 4 – возобновляемые источники энергии (ВИЭ);
- 5 – блок аккумуляторов;
- 5 6 – резервный источник;
- 7 – датчик температуры;
- 8 – блок управления;
- 9 – преобразовательный блок;
- 10 – циркуляционный насос;
- 10 11 – теплоизолированный контейнер;
- 12 – сезоннодействующее охлаждающее устройство (СОУ).

Способ реализуется следующим образом. В холодное время года осуществляют пассивное охлаждение с помощью СОУ 12 или активное охлаждение грунта с помощью холодильной машины 3. Пассивное охлаждение производится за счёт естественной конвекции хладагента в СОУ 12 нагретый хладагент поступает из испарителя 1 в конденсатор 2, а охлаждённый – из конденсатора 2 в испаритель 1. Конденсатор 2 СОУ 12 нагревается, и с помощью циркуляционного насоса 10 осуществляют отвод нагретого теплоносителя от СОУ 12 к теплоизолированному контейнеру 11 и рециркуляцию теплоносителя для повторного нагрева от СОУ 12. В теплоизолированный контейнер 11 помещают блок аккумуляторов 5, преобразовательный блок 9, резервный источник 6, блок управления 8 и циркуляционный насос 10. При необходимости ускоренного замораживания или поддержки замороженного состояния грунта в любое время года может использоваться холодильная машина 3. Электроэнергия для работы холодильной машины 3 вырабатывается ВИЭ 4, блоком аккумуляторов 5, резервным источником 6. Затем электроэнергия поступает на преобразовательный блок 9, с которого передаётся на холодильную машину 3.

В тёплое время года охлаждение грунта осуществляется за счёт работы холодильной машины 3, подключенной ко второму контуру испарителя 1 СОУ 12, а теплоизолированный контейнер 11 не нуждается в подводе теплоносителя по причине положительной температуры воздуха. Сигнал о повышении температуры грунта поступает с датчика температуры 7 на блок управления 8, который активирует передачу электроэнергии к холодильной машине 3 от ВИЭ 4, блока аккумуляторов 5 и резервного источника 6 в соответствии с установленным приоритетом.

Зарядку блока аккумуляторов 5 проводят за счёт ВИЭ 4 или, при работающем резервном источнике 6, от резервного источника 6. При отсутствии необходимости использования холодильной машины 3 в холодное время года электроэнергия, запасённая в блоке аккумуляторов 5, может расходоваться на вспомогательные нужды сооружения.

Блок управления 8 оснащён GSM-модулем для дистанционного мониторинга работы системы и приёма сигналов о включении или выключении активного охлаждения грунта.

Блок управления 8, в зависимости от режимов работы, определяемых на этапе проектирования системы, может программироваться различным образом. Например, автоматическое управление работой холодильной машины 3 в тёплое время года может быть реализовано следующим образом (фиг. 2).

В начальный момент времени холодильная машина 3 и резервный источник 6 выключены. При поступлении от датчика температуры 7 информации о повышении температуры грунта выше определённой величины, блок управления 8 анализирует информацию, поступающую от блока аккумуляторов 5.

Если заряд блока аккумуляторов 5 такой, что его недостаточно для запуска и работы холодильной машины 3 в течение времени  $T$ , определяемом на этапе проектирования, то блок управления 8 отправляет сигнал на вход резервного источника 6 для включения резервного источника 6. После прихода от резервного источника 6 на блок управления 8 сигнала о готовности резервного источника 6, блок управления 8 отправляет на холодильную машину 3 сигнал о включении. Холодильная машина 3 включается, при этом осуществляется заряд блока аккумуляторов 5 от резервного источника 6. В этом случае блок управления 8 блокирует возможность разряда блока аккумуляторов 5 до момента отключения резервного источника 6.

Если заряд блока аккумуляторов 5 такой, что его достаточно для запуска и работы холодильной машины 3 в течение времени  $T$ , то блок управления 8 отправляет сигнал на преобразовательный блок 9 о подключении блока аккумуляторов 5, а затем отправляет на холодильную машину 3 сигнал о включении. Холодильная машина 3 включается, потребляя электроэнергию, вырабатываемую блоком аккумуляторов 5.

При достижении температурой грунта требуемой величины отключается холодильная машина 3. Затем, если резервный источник 6 включен, по команде блока управления 8 отключается резервный источник 6. Если питание осуществлялось за счёт блока аккумуляторов 5, то блок управления 8 отправляет сигнал на преобразовательный блок 9 об отключении блока аккумуляторов 5. Активное охлаждение грунта прекращается до нового цикла работы.

В случае, если холодильная машина 3 работает от электроэнергии, вырабатываемой блоком аккумуляторов 5, и разряд блока аккумуляторов 5 достигает такой величины, что его становится недостаточно для работы в течение времени  $T$ , осуществляется подключение резервного источника 6, а блок аккумуляторов 5 переходит в режим заряда.

Способ поясняется следующим примером. На фиг. 3 представлены суммарный график теплопроизводительности восьми СОУ 12, полученный в результате моделирования работы СОУ ТК32/10 в программе Frost 3D, необходимая для поддержания в теплоизолированном контейнере 11 температуры  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  тепловая мощность, а также среднемесячная температура воздуха. Другие метеорологические параметры, такие, как среднемесячная скорость ветра и высота снежного покрова, также учитываемые при моделировании, на графике не показаны.

Расчёт требуемой тепловой мощности осуществлялся по формуле:

$$P = \frac{V \cdot \Delta T \cdot K}{860},$$

где  $V$  – объём обогреваемого помещения,  $\Delta T$  – разница между температурой окружающего воздуха и требуемой температуры в обогреваемом помещении,  $K$  – коэффициент тепловых потерь,  $860$  – коэффициент.

Для рассматриваемого примера приняты следующие геометрические размеры теплоизолированного контейнера 11, позволяющие определить объём: длина 5 м, ширина 3 м, высота 2,5 м. Такие размеры теплоизолированного контейнера 11 позволяют разместить резервный источник 6, блок аккумуляторов 5, блок управления 8, преобразовательный блок 9 и циркуляционный насос 10. Коэффициент тепловых потерь принят равным 0,9, что соответствует теплоизолированному помещению.

Анализ графика позволяет сделать вывод о том, что теплоты, рассеиваемой на конденсаторах 2 восьми СОУ 12 в рассматриваемых метеорологических условиях достаточно, чтобы поддерживать требуемую температуру в течение семи месяцев в году (с сентября по март), в другие три месяца года температура окружающего воздуха

выше +5 °С (с июня по август). Для того, чтобы поддерживать требуемую температуру в апреле, требуется отвод теплоты от большего числа СОУ 12. Согласно приведённой формуле, расчётной теплопроизводительности восьми СОУ 12 будет достаточно для поддержания температуры в контейнере 0°С. В мае, согласно результатам моделирования, СОУ не осуществляют отвод тепла, несмотря на низкую температуру окружающего воздуха, составляющую 0 °С, и обогрев теплоизолированного контейнера 11 не может быть осуществлён. Это объясняется тем, что для работы парожидкостного СОУ 12 необходимо, чтобы температура грунта была выше температуры атмосферного воздуха, а весной грунт хорошо охлаждён в результате длительной работы СОУ 12 зимой. Для уточнённого расчёта числа СОУ 12, от которых необходимо отводить тепло к теплоизолированному контейнеру 11, следует учитывать не только среднемесячные значения температуры воздуха и скорости ветра, но и тепловые потери, возникающие при её передаче.

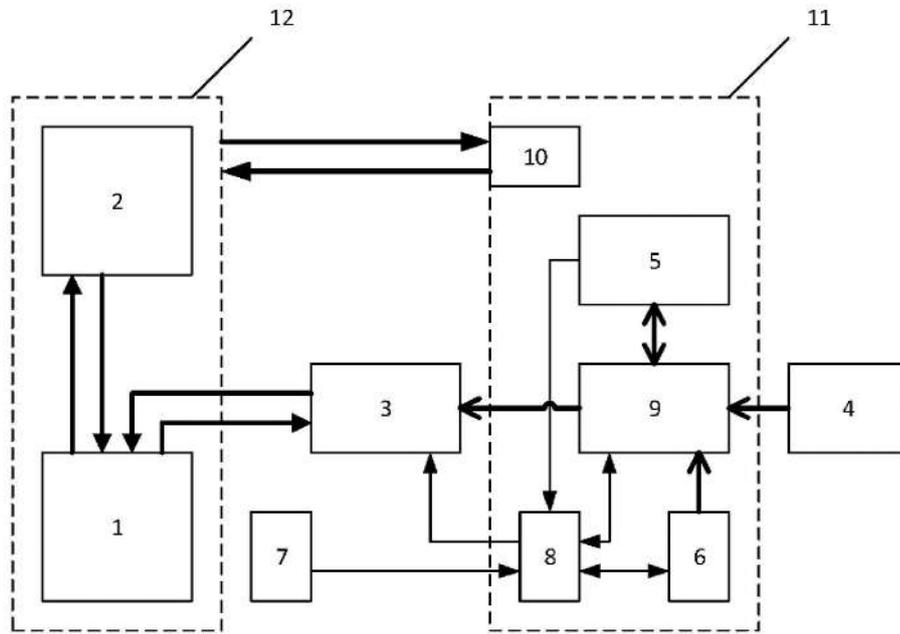
Следует отметить, что некоторые современные типы электрохимических аккумуляторов, например, натрий-солевые, могут эксплуатироваться без изменения своих свойств при температурах от 0 °С и выше. Таким образом, при использовании теплоты конденсаторов 2 восьми СОУ 12 в рассматриваемых метеорологических условиях, 10 месяцев в теплоизолированном контейнере 11 будет поддерживаться температура не ниже +5 °С, а 2 месяца – температура 0 °С, что позволяет использовать наиболее чувствительный к температуре окружающей среды элемент системы – блок аккумуляторов 5, а также другое оборудование, помещённое в теплоизолированный контейнер 11, в суровых арктических условиях.

Таким образом, за счёт обеспечения нормальных условий функционирования аккумуляторных батарей и другого оборудования, имеющего повышенные требования к температуре окружающей среды, а также использования ВИЭ и резервного источника, способ позволяет повысить надёжность и степень автономности системы круглогодичной температурной стабилизации грунта.

#### (57) Формула изобретения

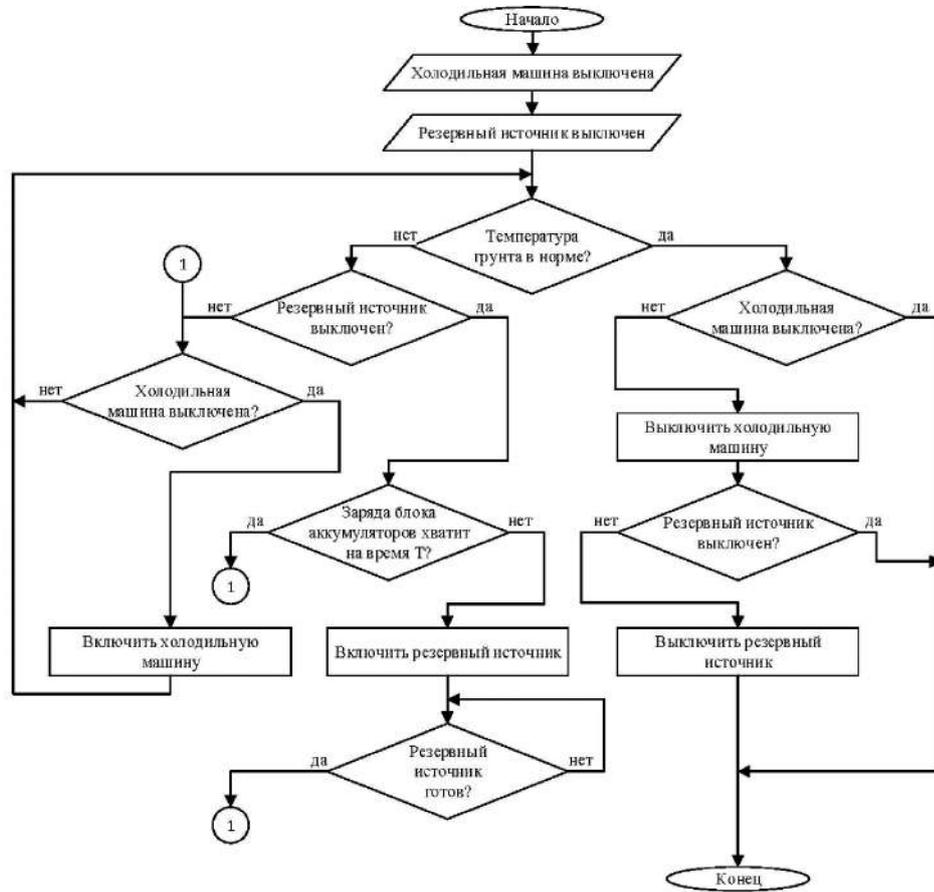
Способ комбинированной круглогодичной температурной стабилизации грунта, включающий активное охлаждение грунта с помощью холодильной машины и пассивное охлаждение грунта с помощью термостабилизаторов с естественной циркуляцией хладагента в холодное время года, отличающийся тем, что в холодное время года осуществляют отвод нагретого теплоносителя от сезоннодействующего охлаждающего устройства к теплоизолированному контейнеру, в который помещают блок аккумуляторов и резервный источник, служащие для выработки электроэнергии, которая поступает на преобразовательный блок, преобразовательный блок для передачи электроэнергии на холодильную машину, блок управления для приёма сигнала о повышении температуры грунта, активации передачи электроэнергии к холодильной машине и блоку аккумуляторов, и циркуляционный насос, при этом подзарядку блока аккумуляторов проводят за счёт возобновляемых источников энергии и резервного источника.

1

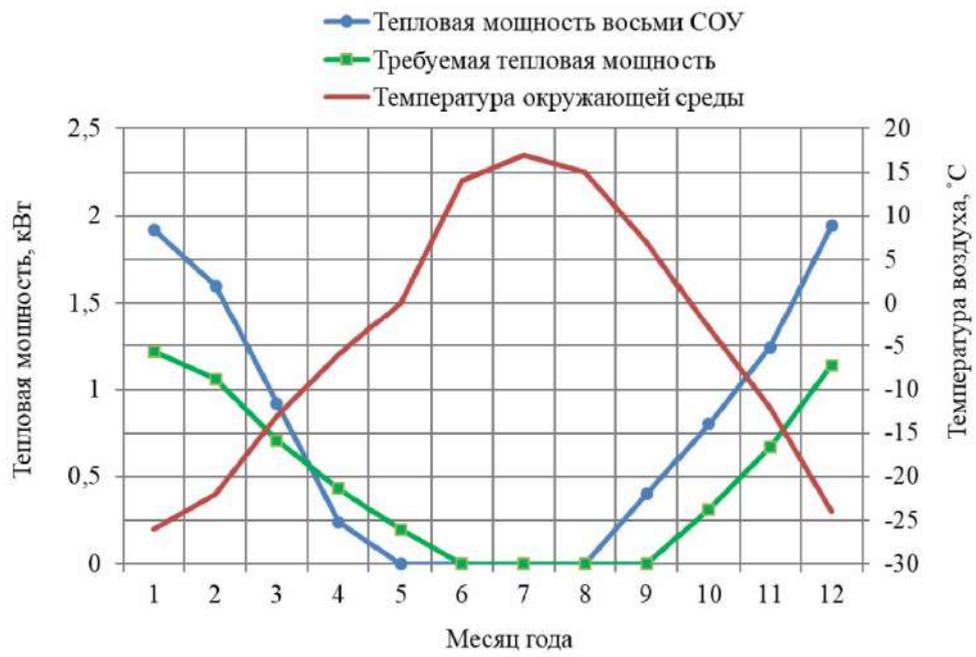


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3